

Радиопоглощающие и пьезорезистивные композитные материалы

Демченко Александра Александровна

Гринева Дарья Александровна

Южный федеральный университет

Кабиров Юрий Вагизович, к.ф.-м.н.

Сидоренко Евгений Никифорович, к.ф.-м.н.

krimova@mail.ua

В последнее время особое внимание привлекают многофазные композиты. Многофункциональные составы являются перспективным материалом для различного практического применения. В данной работе синтезированы и исследованы двухкомпонентные композиты типа проводник/диэлектрик вблизи порога перколяции. В качестве проводящего компонента использовано ультрадисперсное железо различной концентрации. Второй компонент представляет собой полиэтилен низкой плотности. Синтез образцов проводился по технологии, подробно описанной в работе [1]. Полученные образцы композитов имели форму таблеток диаметром 12 мм и высотой 1,5-3,5 мм с алюминиевыми или медными электродами.

Таким образом, из-за выбора в качестве диэлектрика полиэтилена, нами получены пластичные композиты, обладающие упругой деформацией. Они пригодны для конструирования пьезодатчиков. В отличие от пьезопреобразователей на основе пьезоэффекта устройства на композитах не требуют электронных усилителей. В пределах упругих деформаций о величине механического напряжения можно судить по электрическому сопротивлению композитного образца.

Кроме того, в эпоху широко развитых коммуникаций ведется активный поиск различных радиопоглощающих материалов для защиты от электромагнитного излучения. Для композитных материалов вблизи порога перколяции так же характерно поглощение энергии сверхвысокочастотного (СВЧ) электромагнитного поля [2].

Целью работы было создание и исследование свойств композитов, обладающих одновременно как несобственной пьезорезистивностью, так и поглощения СВЧ-энергии. Методика измерений спектров поглощения СВЧ-энергии описана в работе [3].

Нами выполнены измерения зависимости сопротивления композитных образцов при различных значениях одноосного давления $R=f(P)$. Типичный график зависимости приведен на (рис. 1) для образца композита с концентрацией 80% ультрадисперсного железа и 20% полиэтилена. Измерения сопротивления выполнялись сразу (кривая 1, $t=0$) и спустя 1 минуту (кривая 2, $t=1$ мин.) после изменения величины давления. Видно, что с ростом давления от 0 до 1,25 Па сопротивление образца уменьшается вдвое. Причем, основной резкий спад R наблюдается на начальном участке $R=f(P)$. Обратный ход зависимости $R=f(P)$ не совпадает с прямым – наблюдается наличие гистерезиса пьезорезистивности исследованных образцов. Причиной изменения сопротивления при воздействии одноосного давления является деформация образца, приводящая к смещению гранул железа, увеличению их концентрации, возрастанию силы тока через образец и, как следствие, уменьшению его сопротивления.

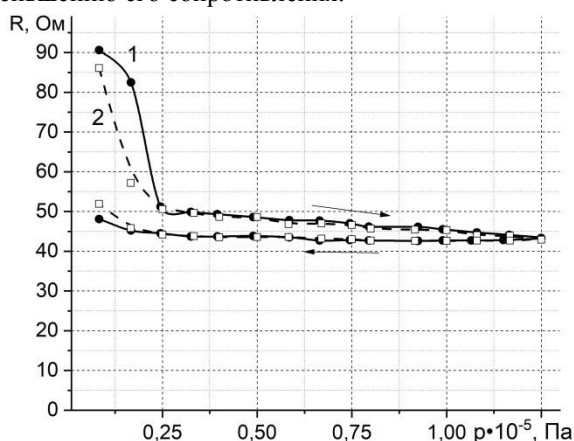


рис. 1. Зависимость сопротивления композита от величины одноосного давления при различном времени выдержки. 1 - $t=0$, 2 - $t=1$ мин. $T=23^{\circ}\text{C}$.

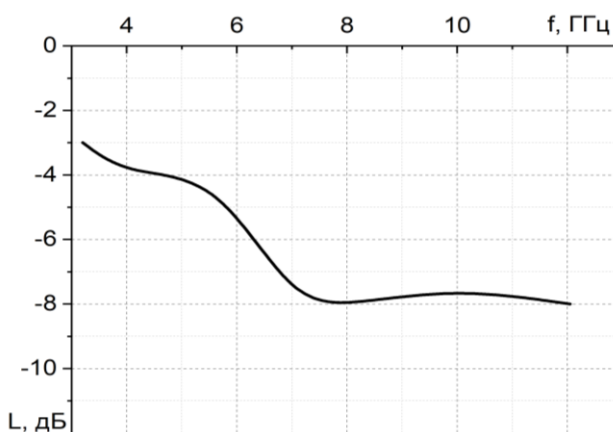


рис. 2. Спектр поглощения энергии электромагнитного поля композита при комнатной температуре. $P=0$.

Установка для измерений спектров поглощения $L(f)$ композитов содержала генераторы качающейся частоты, перекрывающих диапазон частот 3-12 ГГц, измеритель ослабления и КСВн и, в качестве измерительной ячейки, микрополосковую линию. Спектр поглощения СВЧ энергии ранее описанного

композита представлен на (рис.2). Из него следует, что данный композит имеет максимальное поглощение энергии на уровне 8 дБ в области более высоких частот (7-12 ГГц). Имеется несколько механизмов, способствующих поглощению СВЧ-энергии композитом. В цепочках проводящего компонента композита, размещенного в электромагнитном поле, появляются токи Фуко. Кроме того, в переменном электромагнитном поле могут возникать резонансные процессы при перемагничивании малых кластеров железа. И, наконец, энергия поля расходуется на диэлектрическую поляризацию матрицы.

Таким образом, экспериментально показано, что новые синтезированные пластичные композиты обладают как пьезорезистивностью, так и существенным поглощением электромагнитной энергии в области частот 3-12 ГГц.

Список публикаций:

- [1] Кабиров Ю.В., Богатин А.С., Сидоренко Е.Н., Белокобыльский М.В., Михейкин А.С., Летовальцев А.О., Буланова А.Л., Пруцакова Н.В. // Письма о материалах. 2019. В.9. №2. С.223.
 [2] Sidorenko E.N, Privalov E., Demchenko A.A, Kabirov Yu.V, Chebanova E.V, Nathan I.I. // Conference Proceedings - 2019 Radiation and Scattering of Electromagnetic Waves, RSEMW 2019 8792715, С. 464.
 [3] Сидоренко Е. Н., Гавриляченко В. Г., Турик А. В, Семенчев А. Ф., Натхин И. И. //Электромагнитные волны и электронные системы. 2013 Т. 18. №9. С.51.

Электронное строение германена с точечными дефектами замещения

Захаров Николай Владимирович

Бутин Антон Владиславович

Волгоградский государственный университет

Лебедев Николай Геннадьевич, д.ф.-м.н.

anonymmisterx@mail.ru

Германен – это двумерный полупроводниковый наноматериал, впервые полученный экспериментально в 2014 году [1]. Подобно графену он имеет две атомные подрешетки, смещенные друг относительно друга и составленные из атомов германия. С точки зрения зонной теории, важным преимуществом над графеном является существующая возможность создания запрещённой зоны путём приложения электрического поля перпендикулярно поверхности материала, что открывает путь к созданию полевого транзистора, работающего при комнатной температуре. Существуют расчёты, свидетельствующие в пользу возможности наблюдения в германене спинового эффекта Холла. На основе вычислений при помощи теории функционала плотности показано, что германен должен сохранять высокую структурную стабильность при создании в нём механических напряжений.

Целью данного исследования является изучение электронного строения германена с точечными дефектами замещения. Для моделирования геометрической структуры германена использовалась модель молекулярного кластера с граничными псевдоатомами [2 - 4], в качестве которых выбирались одновалентные атомы водорода. Выбранный кластер представляет собой фрагмент поверхности германена размером 6×6 элементарных ячеек (рис. 1). Разорванные граничные связи замыкались атомами водорода. Дефекты структуры (X) помещались в центре кластера, чтобы уменьшить влияние граничных связей. В качестве точечных дефектов рассмотрены изоморфные (Si, Sn), донорные (P, As, Sb) и акцепторные (Al, Ga, In) дефекты.

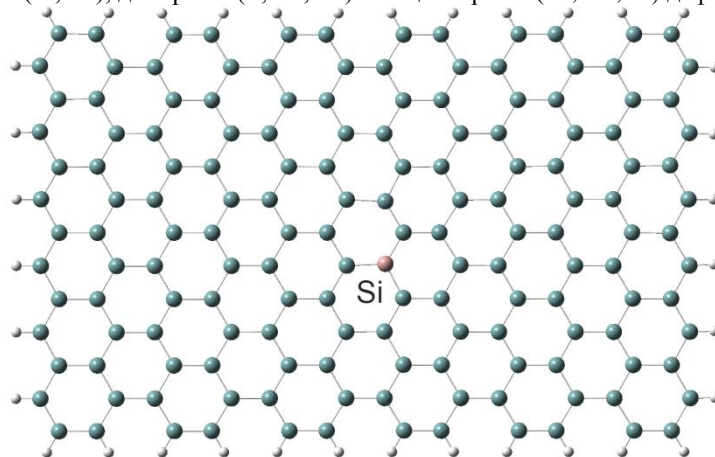


рис.1. Фрагмент поверхности германена с точечным дефектом